Aus den seminaristischen Übungen für pathologische Physiologie
an der Universität Berlin
Leiter: Prof. Dr. Adolf Bickel

Über den Ablauf des Betriebsstoffwechsels bei Ernährung mit dem Eiweiß des Weizenbrotes und des Vollkornbrotes im Vergleich zur Caseinernährung

Inaugural-Dissertation
zur
Erlangung der Medizinischen Doktorwürde
an der
Friedrich-Wilhelms-Universität zu Berlin

Vorgelegt von
Karl Heinz Marx
aus Lambrecht i. d. Rheinpfalz

Tag der Promotion: 28. Januar 1937

Franz Linke, Buchdruckerei, Berlin NW 6, Marienstr. 13.

771

Gedruckt mit Genehmigung
der
Medizinischen Fakultät der Universität Berlin

Dekan: Prof. Dr. R. Siebeck
Referent: Prof. Dr. Bickel
Korreferent: Prof. Dr. v. Bergmann

R. UNIV.
BIBLIOTHEEK
LEIDEN

Durch die von Bickel[1]) angegebene experimentelle Methodik war es möglich geworden, die Wirkung qualitiv unterschiedlicher Eiweißstoffe oder Eiweißmischungen, sofern sie ausschließlich das Nahrungseiweiß darstellen, auf die Oxydationslage im Zwischenstoffwechsel, gemessen an der Lage der Harnquotienten C : N und Vacat — O : N zu differenzieren. Es lag nahe eine diesbezügliche Untersuchung auch bei einzelnen eßfertigen Nahrungsmitteln zu machen. Hierbei stand aus verständlichen Gründen die Brotfrage im Vordergrund des Interesses. Einige Vorarbeiten zur diesbezüglichen Untersuchung des Brotes sind im hiesigen Laboratorium bereits gemacht worden. Länger zurück liegt schon eine Untersuchung von Kaping[2]), die sich mit dem Einfluß des im Mehlkern des Weizenkornes enthaltenen Eiweißes auf den Betriebsstoffwechsel beschäftigt. Es geht daraus hervor, daß das Klebereiweiß ceteris paribus als Nahrungseiweiß dieselbe Harnquotientenlage unterhält wie das Casein, bei länger dauernder Verfütterung sogar den Caseinwert ein wenig unterbietet. Ferner ist hier an die Arbeit von Bickel, Sander und Schilling[3]) zu erinnern. In ihr wird gezeigt, daß das Eiweiß der Roggenkleie im Vergleich zum Casein eine erhöhte Harnquotientenlage unterhält. Das trifft auch für das Eiweiß der Weizenkleie nach der Untersuchung von Heinz Jordan[4]) zu. Endlich hat ganz kürzlich K. H. Werner[5]) den Einfluß von Weizen- und Roggenmehl von ähnlicher, aber nicht identischer Ausmahlung in derselben Richtung untersucht — das verwandte Roggenmehl war im Hinblick auf die durch es unterhaltenen hohen Trockenkotmengen sicher kleiereicher, als das Weizenmehl mit den dabei auftretenden niedrigen Trockenkotmengen — und gefunden, daß dann, wenn das Roggenmehl der Träger des gesamten Nahrungseiweißes ist, die Harnquotienten höher liegen als dann, wenn ceteris paribus das Nahrungseiweiß durch das Eiweiß des Weizenmehls gedeckt wird.

Es ist gewiß wünschenswert, bevor man zu einem definitiven Urteil in dieser ganzen Frage kommt, die Vergleichsversuche mit Weizen- und Roggenmehl von völlig identischer Ausmahlung anzustellen. Da derartige Mehle aber im Handel kaum erhältlich sind, steht diese Untersuchung noch

aus. Ihre Vornahme ist für die nächste Zeit mit Unterstützung des Institutes für Bäckerei und Müllerei an der Versuchsanstalt für Getreideverarbeitung in Berlin in Aussicht genommen.

Inzwischen war es doch schon fördernd für die ganze Untersuchung des Brotes an einzelnen Stichproben von Broten, die aus dem Handel entnommen wurden, sich zu orientieren, wie gewissermaßen stark kontrastierende Brotsorten die Oxydationslage beeinflussen, wenn sie ceteris paribus jeweils die alleinigen Lieferanten des Nahrungseiweißes sind. Eine derartige Untersuchung hat unlängst Albers[6]) mit Kommißbrot ausgeführt. Wenn auch bei dieser Arbeit nicht die Wirkung des Kommißbroteiweißes mit dem Casein im Experiment an denselben Versuchstieren verglichen wurde, so war doch das Ergebnis derart, daß man mit großer Wahrscheinlichkeit sagen kann, der vom Kommißbrot unterhaltene Harnquotientenwert liege etwas höher als der vom Casein unterhaltene. Andererseits schien es aber fast so, als ob die Oxydationslage, die vom Kommißbrot unterhalten wurde, vielleicht doch etwas besser war, die Harnquotienten also etwas niedriger lagen, als es für das Roggenmehl bzw. Roggenkleieeiweiß zuzutreffen schien. Es tauchte jedenfalls im Verlauf dieser Arbeiten der Gedanke auf, daß möglicherweise beim Brotbereitungsprozeß das im benutzten Mehl enthaltene Eiweiß verändert werden könnte, und zwar in dem Sinne, daß das Broteiweiß eine bessere Oxydationslage verbürgt, als das ihm zugehörige Mehleiweiß. Aus diesem Grunde ist es ebenfalls erforderlich, jeweils das müllereitechnisch genau definierte Mehl mit dem aus ihm nach bestimmter Vorschrift zubereiteten Brot in der Wirkung auf die Oxydationslage im intermediären Stoffwechsel zu vergleichen.

Aber wenn man auch von diesem ganzen Fragenkomplex absieht, bleibt es doch immer von Interesse unter den im Handel erhältlichen Brotsorten einmal gewissermaßen die beiden Antipoden, nämlich ein Roggenvollkornbrot mit einem reinen Weizenbrot feinster Sorte zu vergleichen. Um diesen Vergleich nicht unnötig durch das Hineintragen unübersichtlicher Momente zu erschweren, wurde auf die Verwendung der Brotkrusten bei diesen Versuchen verzichtet. Die Brotkrusten sind diejenigen Teile des Brotes, die den hohen Backtemperaturen von weit über 100° C ausgesetzt werden. Durch soche hohe Temperaturen können natürlich eingreifende Molecularveränderungen am Eiweiß herbeigeführt und damit auch die Harn-

quotientenlage beeinflußt werden. Kann man doch z. B. durch solche scharfe Erhitzungen von Eiweiß sekretinartig wirkende Stoffe (Histidin, Histamin?) gewinnen (Bickel und van Eweyk[7]). Im Innern des Brotes werden beim Backen bei weitem nicht so hohe Temperaturen erreicht, als in der Brotkruste, wie schon aus dem Ausbleiben der Bräunung und dem Vorhandensein eines höheren Wassergehaltes hervorgeht. Die Temperaturen sollen hier sogar dauernd weit unter 100° C bleiben. Aus diesem Grunde ist es auch weniger wahrscheinlich, daß im Eiweiß des Brotinnern etwa eine weitgehendere moleculare Veränderung stattfinden könnte, als sie z. B. bei der Bereitung eines aufgekochten wässerigen Mehlbreies vor sich gehen könnte. Da bei den oben erwähnten Versuchen, die mit einzelnen Mehlen angestellt wurden, bei der Futterbereitung das Mehl immer als gekochter wässeriger Brei verabfolgt wurde, schien ein Vergleich der Wirkung dieser Mehlbreie mit der Wirkung der Brotkrume unter Ausschaltung der Brotkrusten immerhin angängig, wofern die Zutaten bei der Brotbereitung nicht Sondereingriffe in das Brotmehl darstellten.

Ich verglich nun an ein und derselben Gruppe von 10 weißen Ratten unter im übrigen gleichen Versuchsbedingungen das Innere eines feinen Weizenbrotes mit demjenigen eines Vollkornbrotes und endlich mit Casein. Das Ergebnis der Versuche war eindeutig. In den Periodenmittelwerten zeigten die Harnquotientenlagen bei der Weizenbrot- und Caseinernährung annähernd dieselbe Lage, während die Quotientenlage bei der Vollkornbroternährung deutlich höher war. Die N-Bilanz war bei der Vollkornbrot- und Caseinernährung annähernd gleich stark positiv, dagegen bei der reinen Weizenbroternährung, die bei diesen Versuchen an erster Stelle vorgenommen wurde, ein wenig schwächer positiv. Die Trockenkotmenge war in der Vollkornbrot-Periode am größten, dann folgte die Weizenbrot-Periode und am geringsten war sie in der Casein-Periode. Der Kotstickstoff war in den beiden Brotperioden annähernd gleich hoch, in der Caseinperiode aber deutlich geringer. Das Körpergewicht, das in der Weizenbrotperiode ganz konstant gewesen war, nahm in der folgenden Vollkornbrot-Periode eine Spur ab und verminderte sich in der Schlußperiode mit Casein abermals ein klein wenig.

Wenn auch meine Versuche ergeben haben, daß beim Weizenbrot die Harnquotientenlage identisch mit der dem Casein zustehenden Lage und damit niedriger als die von dem

Vollkornbrot unterhaltene Lage ist, so wird doch ein eigentlicher Vergleich zwischen einem aus Weizen oder Roggen hergestellten Brot erst dann möglich sein, wenn bei identischer Ausmahlung von Weizen und Roggen aus diesen Mehlen identisch hergestellte Brote zur Untersuchung verwandt werden. Das muß betont werden, um zu verhüten, daß aus meinen Beobachtungen Schlüsse über die generelle, ernährungsphysiologische Wertigkeit des Weizens oder Vollkorns gezogen werden, zumal bei einem solchen Urteil ja auch die Wirkung auf den Baustoffwechsel, der Vitamingehalt und Mineralstoffgehalt berücksichtigt werden müssen.

Mit meinen Untersuchungen sind die Beobachtungen von Kauffman-Cosla und O. Vaslico[8]) nicht zu vergleichen. Diese Autoren haben den Einfluß einer ausschließlichen Ernährung mit Weizenbrot beim carnivoren Hund vorgenommen, während meine Versuchstiere die omnivoren Ratten waren und in meinen Versuchen die Tiere ein in jeder Hinsicht vollständiges Futter erhielten, in dem nur das Eiweiß des Weizenbrotes der Träger des Nahrungseiweißes war. Bei dem Versuch von Kaufman-Cosla und O. Vaslico lag eine ganz einseitige und gleichzeitig avitaminotische und mineralstoffarme Ernährung vor, also Gründe genug, um die Stoffwechsellage in eine dysoxydative Richtung zu drängen, wie sie unter den ganz anderen Versuchsbedingungen bei meinen Versuchen mit Weizenbrot in keiner Weise zustande kam.

Experimenteller Teil.

Die Versuche wurden an 10 weißen, männlichen Ratten angestellt; im 24 stündigen Sammelharn der Tiere wurden täglich N nach der Halbmikromethode von Kjeldahl, C nach der Mikromethode von Nicloux-Osuka[9]), Vacat — O nach der 4., Mikromethode von Müller-Kanitz[10]) bestimmt. Der Kot wurde periodenweise gesammelt und bei 100° C getrocknet. Im Kot wurde der N-Gehalt ermittelt. Der Versuch zerfiel in 3 Perioden, von je 7tägiger Dauer. An den ersten zwei Tagen jeder Periode erhielten die Tiere bereits das jeweils zuständige Futter zugeteilt, damit sich der Körper auf die neuen Bedingungen einstellen konnte. Die für die einzelnen Perioden zuständigen Nahrungsmischungen ergeben sich aus der Futtertabelle. Die tägliche Futterration wurde immer quantitativ verzehrt.

Futtertabelle.

Es enthalten:

100 g	Weizenbrot	(Schall-Heißler)	= ca. 0,88 g N
100 g	Vollkornbrot	(Schall-Heisler)	= ca. 0,96 g N
1 g	Casein	. . . . .	= 0,1183 g N
1 g	Stärke	. . . . .	= 0,0008 g N

Periode 1.

Weizenbrot	=	140,0 g
Lebertran	=	20,0 ccm
Zucker	=	10,0 g
Salzgemisch	=	1,0 g
Apfelsinensaft	=	10,0 ccm
Wasser	=	600,0 ccm

ca. 7.7 g Eiweiß i. d. Trockensubstanz. ca. 56,7 Kalorien pro Tier.

Periode 2.

Vollkornbrot	=	128,0 g
Lebertran	=	20,0 ccm
Zucker	=	10,0 g
Stärke	=	23,0 g
Salzgemisch	=	1,0 g
Apfelsinensaft	=	10,0 ccm
Wasser	=	600,0 ccm

ca. 7.8 g Eiweiß i. d. Trockensubstanz. ca. 56,7 Kalorien pro Tier.

Periode 3.

Casein	=	10,0 g
Lebertran	=	20,0 ccm
Zucker	=	10,0 g
Stärke	=	81,0 g
Salzgemisch	=	1,0 g
Apfelsinensaft	=	10,0 ccm
Wasser	=	600,0 ccm

ca. 58,4 Kalorien pro Tier.

Alle Analysen beziehen sich auf die 5 letzten Tage jeder Periode. Aus den Mittelwerten für C, Vacat — O und N jeder Periode wurden die Quotienten C : N, Vacat — O : N und Vacat — O : C berechnet. Die Zubereitung der Nahrung erfolgte derart, daß alle Nahrungsbestandteile bis auf die Vitaminträger Lebertran und frischer Apfelsinensaft zu einem Brei kurz aufgekocht wurden und daß nach Abkühlen des Breies die Vitaminträger untergemischt wurden.

In der folgenden Uebersichts-Tabelle sind die Mittelwerte für die einzelnen Perioden enthalten. Alle Werte beziehen sich auf 10 Tiere und 1 Tag, nur die Werte für den Trockenkot und Kot — N auf 10 Tiere und 5 Tage.

Übersichts-Tabelle

Periode No.	Körpergewicht in g	Harn-C mg	Harn-Vacat-O mg	Harn-N mg	C/N	V. O/N	Kot-N in g	Trokkenkot in g	N-Bilanz in g
I. Weizenbrot	238,6	971,3	1557,4	994,3	**0,976**	**1,566**	1,0997	20,5750	+0,00177
II. Vollkornbrot	238,0	576,6	1047,7	459,7	**1,254**	**2,279**	1,2475	28,0590	+0,05380
III. Casein	235,8	673,3	889,9	627,6	**1,072**	**1,417**	0,6376	10,3365	+0,04926

In der Analysen-Tabelle werden aufgeführt:

1. Das Durchschnittsgewicht der Ratten, d. h. Gesamtgewicht dividiert durch die Anzahl der Tiere.
2. Die 24stündige Harnmenge.
3. Der Kohlenstoff-, Vacat-, Sauerstoff- und Stickstoffgehalt dieser 24stündigen Harnmenge.
4. Die aus diesen Zahlen errechneten Periodenmittelwerte, wie die aus diesen Zahlen errechneten Periodenmittelwerten errechneten Harnquotienten C : N und Vacat — O : N.

Analysen-Tabelle 10 Ratten.

Versuchstag No.	Körpergewicht in g	Harnmenge ccm	Harn-C mg	Harn-Vacat-O mg	Harn-N mg	C/N	O/N	O/C
			Periode 1. Weizenbrot					
1	238	331	1072,4	1628,5	983,0	1,090	1,656	1,518
2	238	445	983,4	1744,4	907,8	1,078	1,921	1,773
3	239	334	1062,1	1576,5	978,6	1,085	1,610	1,484
4	239	430	860,0	1367,4	1032,0	0,833	1,325	1,590
5	239	435	878,7	1470.3	1070,1	0,821	1,374	1,673
Periodendurchschnittswert:			971,3	1557,4	994,3	0,976	1,566	1,603
			Periode 2. Vollkornbrot					
6	239	293	612,4	1148,5	480,5	1,274	2,390	1,875
7	238	458	989,3	1735,8	802,3	1,233	2,163	1,754
8	238							
9	238	272	663,7	1215,8	522,2	1,270	2,328	1,831
10	237	248	617,5	1138,3	493,5	1,251	2,306	1,843
Periodendurchschnittswert:			576,6	1047,7	459,7	1,254	2,279	1,817
			Periode 3. Casein					
11	237	190	735,3	951,9	602,3	1,220	1,580	1.294
12	236	202	835,3	1012,0	722,1	1,156	1,401	1,211
13	236	201	657,3	1005,0	623,1	1,054	1,612	1,529
14	235	201	538,7	739,7	590,9	0,911	1,251	1,373
15	235	202	599,9	741,3	599,9	1,000	1,235	1,000
Periodendurchschnittswert:			673,3	889,9	627,6	1,072	1,417	1,321

Nach Schall-Heisler! **N-Bilanz-Tabelle. 10 Ratten.**

Periode 1. Weizenbrot

140 g Weizenbrot = 1,232 g N

10 Tiere an 5 Tagen Nahrungs - N: + 6,1600 g N
10 „ „ 5 „ Kot - N: — 1,0997 g N
10 „ „ 5 „ Resorbiert - N: + 5,0603 g N
10 „ „ 5 „ Harn - N: — 4,9715 g N
10 „ „ 5 „ Reteniert. - N: + 0,0888 g N
10 „ „ 1 Tag „ - N: + 0,0177 g N
1 Tier „ 1 „ „ - N: + 0,00177 g N

C/N = 0,976

O/N = 1,566

Trockenkotmenge = 20,5750 g

Periode 2. Vollkornbrot

128 g Vollkornbrot = 1,2288 g N
23 g Stärke = 0,0184 g N

10 Tiere	an 5 Tagen	Nahrungs	- N: +	6,2360 g N	
10 „	„ 5 „	Kot	- N: —	1,2475 g N	
10 „	„ 5 „	Resorbiert	- N: +	4,9885 g N	C/N = 1,254
10 „	„ 5 „	Harn	- N: —	2,2985 g N	
10 „	„ 5 „	Reteniert	- N: +	2,6900 g N	O/N = 2,279
10 „	„ 1 Tag	„	- N: +	0,5380 g N	
1 Tier	„ 1 „	„	- N: +	0,05380 g N	

Trockenkotmenge = 28,0590 g

Periode 3. Casein

10 g Casein = 1,1830 g N
81 g Stärke = 0,0648 g N

10 Tiere	an 5 Tagen	Nahrungs	- N: +	6,2390 g N	
10 „	„ 5 „	Kot	- N: —	0,6376 g N	
10 „	„ 5 „	Resorbiert	- N: +	5,6014 g N	C/N = 1,072
10 „	„ 5 „	Harn	- N: —	3,1383 g N	
10 „	„ 5 „	Reteniert	- N: +	2,4631 g N	O/N = 1,417
10 „	„ 1 Tag	„	- N: +	0,4926 g N	
1 Tier	„ 1 „	„	- N: +	0,04926 g N	

Trockenkotmenge = 10,3365 g

Literatur.

1) Bickel, Ueber die Beziehungen der Qualität des Nahrungseiweißes zu seinem Einfluß auf den Betriebsstoffwechsel, Archiv f. Kinderheilkunde, Bd. 107. H. 1. Seite 1, 1935.

2) Kaping, Ueber den Einfluß des Eiweißes im Mehlkern des Weizenkornes auf den Betriebsstoffwechsel. Zeitschrift f. Untersuchung der Lebensmittel, 1937. (Im Druck)

3) Bickel, Sander u. Schilling, Experimentelle Untersuchungen über das biologische Verhalten des Kleie- und Kartoffeleiweißes im Stoffwechsel, Münchener Medz. Wochenschr. Nr. 37, S. 1482, 1935.

4) H. Jordan, Biologische Differenzierung der Eiweißstoffe der einzelnen Teile des Weizenkornes mit Hilfe der Harnquotientenbestimmung. 1937. Im Druck.

5) K. H. Werner, Ueber den Einfluß des Eiweißes im Roggen- und Weizenmehl von 65—70proz. Ausmahlung, wie 50proz. Mischungen dieser Eiweiße auf den Betriebsstoffwechsel. Zeitschr. f. d. ges. exp. Med. 1937. Im Druck.

6) Albers, Experimentelle Untersuchungen über den Einfluß des im Kommißbrot enthaltenen Eiweißes und einer Mischung dieses Eiweißes mit dem Eiweiß geräucherten Fleisches auf die energetische Materialausnützung im Zwischenstoffwechsel bei der Ernährung mit diesen Eiweißstoffen. Dissertation Med. Fakultät Berlin 1936.

7) Bickel u. van Eweyk, Ueber Hitzesekretine. Sitzungsberichte der preußischen Akademie der Wissenschaften 1921. Mitteilungen der physikalischen-mathematischen Klasse vom 17. 3. 1921.

8) Kauffman-Cosla et O. Vasilco, Etudes experimentales sur le role du pain blang dans l' alimentation, Bd. 22 S. 261. März 1932. Archives des maladies de l'appareil digestiv.

9) Osuka, Biochem. Zeitschr. 246, 104 1932.

10) Kanitz, Biochem. Zeitschr. 249, 234, 1932; 257, 361, 1933.

Lebenslauf.

Ich, Karl Heinz M a r x , wurde am 2. Februar 1910 in Lambrecht in der Rheinpfalz als Sohn des Geheimrats Hans M a r x, Tuchfabrikant in Lambrecht, geboren. In Freiburg i. Br. machte ich 1930 das Abitur und studierte anschließend Medizin in München, Hamburg, Königsberg und Würzburg, wo ich 1932 das Vorexamen ablegte. Hierauf besuchte ich die Universitäten Berlin, Düsseldorf, Berlin und München. Das medizinische Staatsexamen machte ich ebenfalls in München am 25. November 1936. In Berlin gehörte ich dem Fliegersturm Wilmersdorf an und meldete mich dann wegen Examen ab.

Ich begann mit dem praktischen Jahr am 1. Januar 1936, und zwar am Pathologischen Institut des Robert-Koch-Krankenhauses in Berlin. Anschließend war ich als Medizinalpraktikant an der II. Medizinischen Universitätsklinik in der Charité beschäftigt, wo ich auch heute noch tätig bin als Volontärassistent.

Die vorliegende Arbeit fertigte ich in den „Seminaristischen Uebungen für pathologische Physiologie an der Universität Berlin" unter Leitung von Herrn Professor Dr. Adolf B i c k e l an. Für die Ueberlassung des Themas und die freundliche Unterstützung bei der Ausführung der Arbeit spreche ich Herrn Professor B i c k e l meinen ergebensten Dank aus.